

SULLA CORRELAZIONE
DELLE FORZE FISICHE
E SULLA SUA INFLUENZA
NEL CONCETTO DELL'UNIVERSO
RAGIONAMENTO

DEL P. ANGELO SECCHI DELLA C. D. G.

PROFESSORE DI ASTRONOMIA
E DIRETTORE DELL'OSSERVATORIO DEL COLLEGIO ROMANO

*Letto all'Accademia Tiberina
nella tornata ordinaria del giorno 26 Aprile 1858.*



ROMA
TIPOGRAFIA DI TITO AJANI
1858

*Intorno alla correlazione delle forze fisiche e alla
sua influenza nel concetto dell' universo.*

*Ragionamento letto alla pont. accademia Tiberina il
di 26 aprile 1858 dal P. A. Secchi d. C. d. G.*

Nell'atto di presentarmi a voi, chiarissimi colleghi, per trattare del soggetto oggi prescelto al mio ragionamento, mi riconosco assai bisognoso della vostra cortesia e tolleranza, poichè io ardisco produrre un tema fuori delle vostre letterarie abitudini, la cui sublimità e vastità non potranno esser da me esposte che molto imperfettamente, e con istile necessariamente rozzo e mal conveniente a sì colta udienza. Avrei perciò dovuto astenermene: ma chi volle gentilmente impegnarmi all'ufficio di trattenervi quest'oggi, benchè conscio di tutto questo, pure mi vi stimolò, e voi stessi coll'onore fattomi di annoverarmi al vostro ceto mi avete incoraggiato a comparire tra voi come meglio io posso: onde senza altri preamboli sicuro della vostra gentilezza vengo al mio tema (1).

Il gran problema, alla cui soluzione tendono tutte le scienze naturali, è di arrivare a conoscere il meccanismo dell'universo. Esse possono dividersi in due rami: le descrittive e le teoriche. Le descrittive hanno per iscopo di rac-

cogliere i materiali a ciò necessari: e tali sono, la fisica che esamina la relazione di varii agenti che colpiscono i nostri sensi, la chimica che cerca la composizione de' corpi, la parte osservatrice dell' astronomia che studia il corso de' moti celesti, la storia naturale e la botanica che classificano gli animali e le piante secondo le loro relazioni ed affinità, l' anatomia che ricerca il meccanismo interno dei loro organi, la geologia e mineralogia che descrive lo stato antico e attuale del globo terrestre. Ciascuna di queste facoltà ha il suo lato parallelo teorico, il cui scopo è di riunire insieme i fatti isolati e aggrupparli sotto formole più generali che diconsi *leggi*, mostrare la relazione e la mutua dipendenza loro per comprenderne il nesso, e unire insieme le molte svariate anella che formano la catena della creazione. Così, a modo di esempio, la meccanica racchiude tutte le leggi dei movimenti in pochi simboli matematici, che servir possono a prevedere e a calcolare ogni combinazione di moti. La fisica riconosce e stabilisce la relazione mutua strettissima di certi agenti che ci si presentano sotto aspetti differentissimi, come sono la luce, il calore, l' elettricità e il magnetismo. La chimica ci mostra come tutte le svariatissime composizioni che formano i corpi organici ed inorganici risultano da pochi elementi in proporzioni definite combinati. L' astronomia tutto riduce al semplice principio di gravitazione universale. La storia naturale mostra la gradazione degli

esseri, la loro affinità e transizione da una classe ad un'altra: onde animali diversissimi sono composti delle stesse parti e sono sviluppi diversi di un tipo principale primitivo, come infinite curve racchiuse in una stessa formola geometrica si sviluppano sotto figure diverse al variare del parametro. Le classificazioni fondate sull'organismo interno degli esseri ci mostrano ancora la separazione essenziale di certi grandi gruppi tanto disparati tra loro, che più non potrebbero differire animali spettanti a due pianeti diversi; mentre in altri casi invece tale è la concatenazione degli esseri, che si è potuto perfino pervenire a riempire le lacune esistenti nella serie attualmente vivente mediante quelle che furono prima dello stato presente del globo.

Progredendo così di egual passo con osservazione e teoria, si classificano i fenomeni, si restringono i centri, si raggruppano i fili che guidar ci devono in questo dedalo a noi ignoto. Ma ad onta di tutti i nostri sforzi sembra che le cause immediate de' fenomeni i più importanti delle forze che animano la natura e la vivificano, si sottraggono, nostro malgrado, alle più acute ricerche. Il pretendere di svelare questi legami nella natura animale e vegetale, ove ancora non conosciamo il meccanismo materiale degli organi stessi, è prematuro e vano; la natura inorganica invece sembrando meno ribelle ai nostri tentativi ci dà speranza di poter adentrare alquanto di più lo sguardo nelle sue misteriose operazioni; questo ha dato luogo e

coraggio a investigare con più diretto studio la relazione mutua delle forze che formano lo scopo della fisica, delle quali io ho scelto a parlare.

Ho già accennato come questa scienza riuscì a collegare in una sola classe gran numero di agenti disparatissimi. Non è ancora mezzo secolo che per la luce, pel calorico, per l'elettricità e pel magnetismo si ammettevano altrettanti agenti o fluidi separati e distinti: tutti però aventi questo di comune, che essi non potevano attribuirsi a sostanze soggette a gravità e perciò vennero detti *imponderabili*. Le ammirabili scoperte di Oersted e di Ampère fecero vedere che il magnetismo era una semplice dipendenza o trasformazione dell'elettricità in quello stato che dicesi dinamico (2). Le non meno sagaci e belle sperienze di Young e di Fresnel dimostrarono la luce non esser una sostanza particolare, ma solo un moto vibratorio di un fluido che tutti riempie gli spazi planetari e i corpi i più compatti (3). Le indagini del Melloni finirono di dimostrare non esser le radiazioni luminose, calorifiche e chimiche essenzialmente diverse fra loro; ma le vibrazioni del medesimo etere riuscire più o meno atte ad illuminare, riscaldare o alterare chimicamente i corpi secondo la loro lunghezza: e può anche aggiungersi, secondo la natura della sostanza in cui s'imbattono.

Stabilita l'identità della luce e del calore radiante e la loro natura di moto, anche il calorico ordinario de' corpi deve esser moto. Si

sa inoltre che dal calore ne viene l'elettricità, e quindi il magnetismo, e viceversa dal magnete si ottiene la corrente che produce di nuovo calore: onde non poteva a meno di concludersi che tutti questi fenomeni, attribuiti da prima a tanti agenti diversi, non erano altro che le modificazioni di una sola sostanza per via di un moto in diverse guise trasformato (4).

Ma in fisica non basta avere una felice intuizione: è necessario, perchè le idee acquistino corpo di verità dimostrata, concretare col fatto le conclusioni, venire alle cifre, e dal testimonio di queste concludere rigorosamente l'origine meccanica de' fenomeni mediante la rigorosa trasformazione in equivalente esatto di uno in un altro di questi agenti secondo le leggi conosciute del moto. Dissi *reciproca trasformazione con equivalente esatto*: giacchè è ben noto a tutti che gli effetti di cui parliamo prendono per lo più origine dal moto meccanico ordinario: ma non si vede così agevolmente come il moto stesso che sparisce sotto le sue forme ordinarie di traslatizio venga a trasformarsi e comparire come calore o elettricità, seguendo in ciò le leggi rigorose che han luogo per la comunicazione degli altri movimenti. Così, per esempio, era ben noto che la percussione e l'attrito producono calore onde si scalda un ferro battuto a freddo sull'incudine; e che una ruota non unta girando sul suo asse s'infuoca. Per dar ragione di ciò dicevano gli antichi, che da tali azioni il fluido calorifico era spremuto fuori dai corpi come l'acqua da una

spugna compressa; nello sparire de' moti del martello o nell'estinguersi per l'attrito la velocità della ruota non altro vedevasi comunemente che uno de'tanto ordinari casi della distruzione e annichilamento del moto. Ora le recenti indagini persuadono che ciò non è punto vero, ma che quella quantità di moto che animava le due masse sussiste intera dopo l'urto; e se non riesce a lanciare di un sol tratto tutta la massa, come accade comunemente, essa però ne mette in moto le particelle agitandole rapidissimamente, la quale agitazione ai nostri sensi si manifesta sotto l'aspetto di sensazione calorifica (5). A questa teoria già ricevuta dai migliori fisici da qualche tempo, quelli dei giorni nostri vi hanno aggiunto l'importante dimostrazione della equivalenza meccanica costante tra la forza impiegata e il calore sviluppato. Ecco in che consiste questa equivalenza. E' noto che le forze si sogliono valutare secondo il loro lavoro meccanico, il quale si misura dall'altezza a cui possono innalzare un dato peso in un determinato tempo: ora si è trovato che quella forza che può fare un dato lavoro meccanico così considerato mediante un opportuno congegno, può anche elevare una data quantità di materia, p. e. d'acqua o d'altro corpo ad una data temperatura. Le esperienze di Joule, di Seguin, di Mayer e di altri hanno dimostrato che per innalzare di un grado centigrado un chilogrammo d'acqua, si esige una forza capace di alzare 433 chilogrammi all'altezza di un metro nel medesimo tempo. L'espe-

rimento più semplice è quello del sig. Joule : esso arrivò a questo risultato facendo muovere mediante un peso una ruota in un recipiente di acqua di cui osservava la temperatura, e dall'altezza stessa, da cui cadeva il peso motore, deduceva la forza meccanica impiegata. Altri vi giunsero in altro modo, e i risultati per diverse vie ottenuti poco discordano dal risultato avuto da questo fisico (6). In questi esperimenti abbiamo la forza meccanica trasformata in calore : vediamo ora il calore trasformato in forza meccanica. Nelle ordinarie macchine a vapore la forza si ha dal calore. Se questo agente non fa altro che dilatare l'acqua e il vapore senza perdere la sua energia all'atto che esso spinge lo stantuffo del cilindro, ne verrà per conseguenza che quanto calore il vapore porta dentro al cilindro dalla caldaia, tanto se ne dovrà trovare fuori dopo fatta l'azione meccanica nel condensatore (tenendo a calcolo, ben inteso, le perdite della radiazione). Ora ciò punto non si verifica: ma quando la macchina è in azione e fa sforzo meccanico, una porzione del calore perciò solo svanisce; e calcolandone la perdita secondo la forza che essa esercita, si ribatte sensibilmente al medesimo numero dato di sopra (7). Abbiamo adunque qui un palpabile argomento della verità della proposizione dianzi asserita.

La scoperta fatta pel calore generato dalla combustione, si verifica altresì quando questo si produce per l'intermedio non del vapore ma

della elettricità. Si è trovato che un macchina magnetelettrica di grandi dimensioni a foggia di quelle di Clarke girasi con somma facilità quando essa cammina senza avere i circuiti di induzione chiusi, nel qual caso non si produce corrente; ma che invece si esige sforzo immensamente maggiore se si chiudano i circuiti e si permetta alla corrente di generarsi. Questa corrente poi incanalata in un filo può alla sua volta generare calore, e l'equivalente di questo, detratta la perturbazione dovuta agli attriti, conduce alla medesima valutazione accennata di sopra.

Ma veniamo alla sorgente più potente e misteriosa dell'elettrico e del calore, la pila di Volta.

Nella pila voltiana l'elettricità in corrente è mantenuta dall'azione chimica che soffrono i suoi elementi, con questa sola differenza che quando l'acido p. e. si combina collo zinco in limatura al modo ordinario, si sviluppa calore nel seno del liquido, senza che questa azione possa deviarci e misurarsi altro che nella massa totale: quando invece la combinazione si ha coll'apparato voltiano, l'agente che produce l'azione chimica trovasi in certo modo incanalato nel conduttore che unisce il rame allo zinco, e perciò si presta mirabilmente allo studio di questa forza (8).

Ora le ricerche de' moderni fisici hanno provato che anche in questo complicato processo di azione tutto riducesi a lavoro meccanico.

E primieramente si trova, che siccome il calorico prodotto in ciascuna azione chimica or-

dinaria è definito, così pure è definito quello che generasi nella pila; con questa legge però che quello che trovasi nel filo è sempre complementario di quello che trovasi nel liquido in seno stesso alla pila: chè se la corrente che passa pel filo s'impieghi a produrre mediante il magnetismo un qualche lavoro meccanico, allora sparisce in quest'atto immediatamente tanto calore quanto è richiesto al lavoro meccanico prodotto (9).

Ma vi è ancora di più. La circolazione della corrente produce nei fili il calore con legge determinata, che è proporzionale al quadrato di quella che chiamasi intensità: or questa intensità è quella che si misura alla bussola magnetica, nè altro è che la quantità stessa dell'azione circolante (10); il calore è adunque proporzionale al quadrato della velocità: ora in tutti i moti meccanici il vero lavoro, cioè le resistenze superate da una forza, sono sempre proporzionali al quadrato delle velocità. Sicchè il calore svolto nei fili è il vero *lavoro* della corrente elettrica; onde ne risulta un'evidente conferma delle leggi meccaniche nella elettricità, cosa già ben veduta da Ampère nel caso dei moti rotatorii dei conduttori elettrodinamici (11).

Lascio altri fatti che potrebbero accennarsi, e concludo che in vista di quelli finora discussi non parrà troppo ardito quello che in altro mio scritto asserii, che presto le leggi della pila sarebbero un corollario delle leggi della

meccanica, come lo sono già oggidì i fenomeni della luce.

Ma ecco che una domanda si affaccia immediatamente a chi esamina il presente soggetto. Se la corrente è moto, di qual materia è essa moto? Della pesante visibile e sensibile, ovvero di quella che impercettibile ed impalpabile sfugge a' nostri sensi e diciamo imponderabile? Di più, quale specie di moto è essa, traslatorio o oscillatorio? La questione è di difficile risposta; ma fortunatamente essa può restare insoluta senza nulla distruggere del detto finora: essa è piuttosto, se ben si considera, una ricerca ulteriore sulla natura di questo moto, che non una obbiezione alla sua esistenza. La corrente è moto di una materia certamente inerte, perchè essa per venir messa in moto distrugge altro moto; ma di quale materia essa sia moto, se di ponderabile o imponderabile, o dell'una o dell'altra insieme, non importa alla verità delle conclusioni; e nè anche importa sapere di quale specie di moto essa sia, se traslatorio, vibratorio o rotatorio, perchè qualunque di questi moti essa sia, sempre si verificheranno le leggi meccaniche della sua comunicazione o del lavoro prodotto dal medesimo. La risposta a questi quesiti la daranno ulteriori ricerche forse non lontane. Infatti i canapi elettro-telegrafici ci hanno mostrato già inaspettati fenomeni nel corso della corrente: donde si ricava che se per stabilire il circuito si forma da principio una specie di onda che può essere in certo modo arrestata a mezzo il suo corso; nel persistere l'azione del circuito chiu-

so, il filo benchè lunghissimo conserva le medesime proprietà elettrodinamiche de' più brevi conduttori, e solo all'interrompere il circuito si manifesta l'onda opposta. Per la loro lunghezza questi canapi hanno dato luogo a studiare col *tempo* il fenomeno della induzione, che non era possibile lo studiare nei brevi conduttori degli esperimenti ordinari (12).

Bunsen e Roscot han dimostrato, che la luce nell'atto che produce chimiche combinazioni nei gas cloro ed idrogene, s'indebolisce: prova non dubbia che il moto delle molecole che chiamiamo eterree può trasformarsi in moto chimico della materia ponderabile, come lo vediamo accadere ogni dì nel moto calorifico.

Qualunque sia la natura di questo, mercè delle recenti scoperte una nuova luce vien diffusa su tutte le forze fisiche; le loro relazioni non sono più di semplice concetto ideale, ma reale: essendo esse tutte moto, non è più difficile il concepire la trasformazione di una nell'altra: ogni azione meccanica produce nel medesimo tempo calore ed elettricità, e questa è dinamica, se il corpo è conduttore: se sia isolante, si ha di quella che dicesi statica: le azioni chimiche producono l'una e l'altra all'atto che le molecole venendo al contatto trovano squilibrati i movimenti da cui sono animate, e può asserirsi senza esitazione che uno stesso agente ci scalda, c'illumina, ci scuote, anima le nostre funzioni animali e produce tutto ciò in guise diverse secondo la co-

pia e qualità de' moti da cui è animato. Ma benchè sia vero che la certezza dei fenomeni fin quì stabiliti non dipende dalla soluzione delle quistioni sulla esistenza della materia imponderabile, tuttavia parmi che i fatti capitali non possono fin'ora spiegarsi senza di essa: ovvero, per stare a termini più generali, non si possono spiegare senza ammettere la materia in uno stato di tale costituzione, che essa sfugga alla gravità: onde meritamente può dirsi imponderabile, e potrà chiamarsi eterea onde distinguerla dalla materia ordinaria (13).

L'esistenza di questa materia in quanto essa riempie gli spazi celesti è tanto certa quanto la propagazione della luce e del calore da quei corpi fino a noi; e possiamo ora anche aggiungere che questa serve di veicolo alla forza magnetica bene accertata de' corpi celesti. I suoi movimenti posson essere altresì la cagione di tutte quelle altre forze che per noi sono ancora di natura incomprendibile, come appunto la gravitazione: che questa possa nascere da una combinazione di moti non parrà strano a chi rammenterà che un corpo qualunque, solo perchè animato da moti di rotazione, sembra esser soggetto ad altre leggi di moto diverso dalle comuni, e si vede ora attratto ora respinto da un altro centro di moto, solo per avere la rotazione in un verso o in un altro (14).

Chechè ne sia per altro di cotali idee, mercè di questi lampi della scienza la nostra mente si dilata e si perfeziona il concetto del-

l'universo. Noi non lo contempliamo più come formato di pochi corpi isolati nello spazio separati da immense distanze e animate da forza di natura misteriosa : ma essi ci appaiono riuniti in un tutto compatto da corpi che conosciamo e trattiamo mediante una sostanza che quantunque sia impercettibile a' nostri sensi, essa però riempie tutto , cioè non meno gli spazi planetari che l'interno de' corpi, soggetta solo alle leggi d'inerzia e del moto. Di questa noi non sappiamo nè la natura , nè la struttura ; ma sappiamo che esiste, che è in continuo moto e che non possiamo produrre fenomeno fisico alcuno senza metterla in agitazione, e che da essa dipendono le più terribili potenze della natura, il fuoco ed il fulmine. Le più elementari sperienze ci dimostrano, che il semplice moto di un membro di un animale , la minima azione chimica, il girare di un pezzo di metallo o di altra sostanza, ne mette in moto torrenti a nostro modo d'intendere (15): e di essa può dirsi insomma con verità , quanto in altro proposito dissero tutti gli antichi, che di tutto l'universo essa

..... agitatur moles et magno se corpore miscet

Dire più di questo non ci è permesso dalla scienza: ed è meglio, uditori, fermarsi ad una sincera ignoranza , che spingere innanzi ardite e stolte speculazioni. Tutto questo ci mostra che noi siamo ben lungi dal comprendere la strut-

tura e il meccanismo dell'universo; ma insieme ci fa vedere che ogni giorno vien fatto qualche squarcio a quel velo che lo ricuopre. Quando sarà formata una adeguata idea de' moti di questa materia, non si avrà più difficoltà a spiegare i più astrusi misteri della natura, di quella che oggidì dopo scoperta la pressione atmosferica si stenti a spiegare il giro de' venti o l'alzarsi l'acqua nelle trombe senza ricorrere a forze occulte di natura. Noi per ora abbiamo trovato il mare in cui nuotiamo, ma non sappiamo ancora come siamo agitati. In tutto lo studio della natura noi ci troviamo sempre in mezzo a due infiniti: uno infinitamente grande svelatoci nella profondità de' cieli, ove vediamo moltiplicarsi i mondi a misura che crescono i nostri mezzi da ravvisarli, ove sistemi si ammontano a sistemi, sino a comparirci gli ammassi di soli come fugace nebbia nel grande orizzonte dell'abisso dello spazio. D'altra parte la mente nostra si perde nella contemplazione di un infinitamente piccolo, nella cognizione di un semplice animaluzzo, di un insetto, e la costituzione fisica di un granello d'arena racchiude per noi misteri ancora inaccessibili. Il nostro corpo, il nostro organismo con cui siamo in relazione col mondo esterno, è penetrato da un agente misterioso, di cui ci serviamo continuamente senza conoscere la natura delle forze che ci animano, e che solo denominiamo per intenderci come meri titoli di convenzione.

Ecco, o signori, quale è il concetto dell'u-

niverso, a cui conduce lo studio della relazione delle forze fisiche, concetto sublime della creazione, concetto che mentre sembra deprimere la nostra intelligenza, la solleva ad una ammirazione cordiale dell'opera, ad un caldo sentimento di affetto e di rispetto pel suo Autore, concetto che rifulge quanto è ridotto a più stretta unità di cause immediate, come una è la causa prima che lo produsse.

Nè tali studi devon riguardarsi solo come una mera speculazione filosofica e teorica, ma sono di somma pratica importanza. Abbiamo già veduto quanto l'azione delle macchine a vapore dipenda da tali principii, i quali bene intesi ed applicati potranno condurre ad un miglior impiego di questa gran forza, di cui oggi non si utilizza che appena il 10 per 100: quanto calore non si consuma nelle volgari officine, che va perduto a danno comune per l'immenso consumo del combustibile di cui sentesi cotanto il bisogno nei più triviali usi della famiglia, e che potrebbe economizzarsi (come di fatti si è cominciato a fare in molti luoghi) a sommo vantaggio sociale. L'elettrico stesso ora non è più un mero soggetto di studio o divertimento; esso entra nelle officine delle arti per fissare i metalli e per formarli in diverse guise; esso ci serve alla trasmissione de' messaggi colla velocità del lampo; esso si usa a produrre luce emula di quella del sole; esso è già introdotto in molte cure mediche e chirurgiche; e chi potrà dire quello che si potrà fare di un agente

sì sparso ed universale che tutta anima la natura? Se ora che andiamo servendoci di esso come a tentoni, pure tanto profitto ne ricaviamo; che sarà quando avremo il segreto della sua natura? Somma adunque è l'importanza di tali studi, ed è da desiderare che tra noi non si stia spettatori di ciò che si fa da altre nazioni, ma vengano con ogni cura promossi; e benchè sembrino oziose speculazioni da gabinetto, ricordiamoci che tutti que' grandi frutti che dagli studi fisici tiene la moderna società, furono prima meditati a fondo dal filosofo nel segreto de' suoi pensieri, e comunicati al pubblico col mistico linguaggio della scienza. Egli è appunto allo scopo di promuovere tra noi questo studio che il regnante Sommo Pontefice si è degnato concedere all'osservatorio del Collegio Romano una serie di strumenti magnetici destinata specialmente a investigare quella forza misteriosa che collega la terra cogli astri, che tutte collega le forze della materia. Ma un solo centro di tali studi non basta: quanti sono i rami su cui s'estende, tanti dovrebbero essere almeno i coltivatori. Nella fisica e in tutti i suoi rami non solo c'è da spigolare come in altre scienze, ma c'è da mietere e largamente da mietere: ed è da desiderare che come l'Italia nostra può annoverare splendidi nomi tra i fondatori di questi studi i Galvani, i Volta, i Nobili ed i Melloni; così possa la generazione avvenire gloriarsi di aver dato chi compì l'opera de' padri loro, chi finì di svelare in tutto la relazione delle forze della natura.

NOTE

(1) La correlazione delle forze fisiche è il soggetto che tiene oggidì esercitati i più sublimi ingegni del nostro tempo; esso è complicato assai di sua natura, ma forse reso anche più dal non venir separate molte questioni che l'accompagnano. Il punto fondamentale consiste nel provare che tutti i fenomeni fisici attribuiti a forze speciali sono dovuti realmente al moto; ma vi si unisce indirettamente la gran questione dell'esistenza della materia imponderabile. Alcuni vogliono questa materia affatto esclusa; ma poi non pensano di sostituirvi altro agente capace di produrre i fenomeni medesimi, nè si danno pena di accennare nemmeno di volo come essi senza questa spiegar vorrebbero tanti e tanti fenomeni fisici. Altri vogliono che la pretesa materia imponderabile non sia che la stessa materia ponderabile *in altro stato*; e per questi allora la questione diviene di semplice denominazione. Vedremo a suo luogo che cosa si debba sentire di queste due opinioni. Il soggetto è interessantissimo e vasto oltre modo: fu prescelto a tema della lettura accademica onde avere più libero campo; ma non potendosi per le circostanze del tempo e del luogo svolgere completamente, si è conosciuto necessario di dare una spiegazione a parecchi passi della dissertazione, che si soggiungono qui a forma di note, nulla volendo toccare al testo.

(2) Fino dai tempi de' primi elettricisti fu notata la gran relazione che passava tra i fenomeni elettrici e i magnetici. Nello studiare questa dipendenza Oersted fece la sua ammirabile scoperta dell'azione della corrente sulle calamite, benchè in modo tutto diverso da quello che si aspettava. Credeva esso che la polarità elettrostatica de' corpi elettrici ordinari dovesse essere analoga alla polarità de' corpi magnetici; e per convalidare questa sua idea usava una pila di Volta a colonna isolata, i cui capi positivo e negativo appressava alternativamente ai due poli di un ago magnetico leggerissimo; ma null'altro osservava in tale stato della pila isolata che le attrazioni e ripulzioni ordinarie come avvengono su qualunque corpo mobile leggero; finchè chinso con un filo il circuito de' due capi restò sorpreso a vedere le prodigiose agitazioni che allora subiva quest'ago stesso. Con pila più forte ripeté nuovamente la esperienza, e stabilì le leggi fondamentali dei moti dell'ago magnetico sotto l'influenza delle correnti. Nella parte teorica di questi bei lavori egli non fu altrettanto fortunato quanto nella pratica. Egli suppose poi il filo congiuntivo de' poli della pila fornito di una polarità trasversale, e così spiegava que' movimenti. Tale idea fu abbracciata da molti; ma Ampère riflettendo che in natura non si conoscono forze elementari che agiscono perpendicolarmente alla di-

reazione del raggioettore, cercò di ridurre le forze a semplici azioni dirette secondo il raggio vettore stesso; e ragionando sui principii della composizione de' moti, arrivò a scoprire le attrazioni dei solenoidi e delle semplici correnti, donde poté spiegare tutti i moti degli aghi osservati da Oersted assomigliando questi ad altrettanti solenoidi, cioè a cilindri attorno ai quali continuamente circolano delle correnti elettriche chiuse. La serie de' ragionamenti e delle scoperte di Ampère mostra uno de' più potenti geni de' tempi moderni che solo può paragonarsi al grande Newton per la fecondità del principio da esso scoperto e le norme sicure di calcolo da lui fondate in questo onovo ramo di fisica, che forma una delle più belle epoche nelle scienze di induzione. Questa scoperta aprì un nuovo campo alla meccanica razionale, e fece vedere come le leggi finali risultanti possono essere immensamente diverse dal loro modo di agire dalle leggi elementari per semplice combinazione dinamica del moto e dell'inerzia della materia. Infatti negli esperimenti di Oersted si presentava la forza come trasversale; eppure l'analisi meccanica di Ampère dimostrò non risultare essa che dall'attrazione ordinaria in ragione inversa del quadrato della distanza combinata col principio della circolazione o molecolare delle calamite, o finita e ordinaria nei solenoidi.

(3) Il primo a dimostrare che i fenomeni della luce potevano spiegarsi geometricamente colla teoria delle onde fu Ugenio (Huyghens); la sua operetta è ancora classica per le belle spiegazioni che in essa dà della riflessione, rifrazione, o doppia rifrazione. I fenomeni della interferenza scoperti dal P. Grimaldi, e variati da Joong e Fresnel, furono dimostrati incompatibili colla teoria della emissione de' corpuscoli luminosi; e la discussione geometrica della doppia refrazione nei cristalli a due assi, e della polarizzazione della luce finirono di persuadere che la teoria ondulatoria era l'unica conciliabile colla geometria per ispiegare tutti i fenomeni operati, e molti altri che il calcolo stesso indicò, come la refrazione conica e cilindrica nei medesimi cristalli a due assi.

Malgrado ciò sussiste ancora il dubbio presso alcuni, cioè se tali moti vibratorii si propagano per la materia ponderabile o per l'imponderabile o etere. La seconda ipotesi viene ammessa più comunemente, fondandosi nel principio che la luce si trasmette negli spazi planetari vuoti certamente di quella che dicesi materia ponderabile. Nè pare che i corpi solidi siano capaci di concepire vibrazioni sì rapide e che si propagano con tanta celerità nel loro interno come fa la luce; e del resto tutta la fisica combina a dimostrare che i corpi sono porosi all'estremo e possono ammettere nel loro interno quello stesso fluido che trovasi diffuso in tutti gli spazi planetari.

(4) Tutto questo trovasi dimostrato ad evidenza nelle macchine dette di Clarke e di Paxon, ove da una sola calamita si ha

la scintilla, la corrente, il calore. *Quanti agenti diversi messi in moto dalla presenza di una calamita? e quanta complicazione di fluidi deve ammettersi se per ciascuno di tali effetti si vuole introdurre un agente speciale?* Così il P. Pianciani NELLE SUE ISTITUZIONI FISICO-CHIMICHE, e nella memoria scritta su questo macchinna: a questo distinto fisico si deve specialmente l'aver abbracciato e propagato tra i primi in Italia queste dottrine, che poi sono state abbracciate al presente tempo dalla più sana parte de' fisici.

(5) Qui, come è chiaro, si riconosce che il moto non si distrugge realmente: alcuni vanno fino al punto di credere il moto assolutamente indestruttibile e naturale alla materia quanto la sua estensione: ciò è stato riprovato dalla sana filosofia da gran pezzo, nè la necessità di ammetter ciò è punto dimostrata.

Però devesi ammettere che le cose procedono di fatto come se realmente il moto non si distruggesse mai, e la conservazione del moto pare che sia un principio che abbia luogo costantemente in natura, benchè vario sia il modo con cui si può manifestare passando da traslatorio in vibratorio, di materia sensibile o ponderabile a quella che diciamo imponderabile. In ciò differisce veramente la teoria degli urti, usata comunemente dai trattatisti di meccanica razionale, dalla teoria che si adotta dai fisici. Quelli nella collisione di due corpi duri ammettono che vi possa esser distruzione di moto quando procedono in direzione contraria; ma ciò non si può ammettere in fisica, e la ragione semplicissima è che tali corpi duri non esistono in natura; tutte le molecole de' corpi come si trovano in realtà hanno una certa mobilità maggiore o minore secondo la costituzione del corpo: nell'atto dell'urto la massa totale viene spinta con moto di traslazione generale soltanto quando le singole particelle hanno già concepito una velocità risultante comune eguale mediante la comunicazione del moto da una all'altra; le quali essendo leggermente mobili, e come separate da molle o elateri, come dicevano gli antichi fisici, il moto generale della massa non può aver luogo senza esser preceduto dai moti molecolari intermedi. Ora in tale comunicazione necessariamente succeder deve una agitazione interna delle molecole de' corpi che può assorbire in parte anche tutto il moto traslatorio delle masse. È necessario farsi una idea chiara di ciò, perchè senza ciò potrebbe credersi il moto sovente annientato ove realmente non lo è. Ciò però prova solo la conservazione del moto come legge imposta dal creatore alla materia, e forma parte della legge di inerzia senza includere nessuna necessità metafisica di tale conservazione,

(6) L' ab. Moigno nel suo *Cosmos* vol. 12 pag. 315 dà una lista dei risultati ottenuti dai vari fisici di questo equivalente meccanico, la media de' quali è 433 chilogrammi alzati ad un 1.º in un secondo per ciascuna caloria. Il massimo de' valori indicati in questo quadro è 460, il mio 424,9: doude si vede non esser molto di-

versi tali risultati in materia così difficile. Tali numeri del resto sono ottenuti in modi tanto diversi, parte colla sola meccanica parte coll'elettricità o con varie sostanze, che non vi può esser luogo a credere errore costante, e che la congruenza loro sia meramente accidentale. Il sig. Seguin osserva inoltre che la elettricità ha tanta parte in questi fatti col venir messa in moto ancor essa, che è difficile avere un numero rigorosamente identico usando diversi metodi.

(7) Il primo a studiare questa materia sotto questo aspetto chiaro fu Seguin seguendo le idee di Montgolfier. Questo fa vedere quanto imperfetta siano le idee de' macchinisti ordinari su questo punto, i quali credono che il vapore all'uscita del cilindro abbia la stessa forza calorifica che nella caldaia, onde credono potersi tirare partito indefinito dal calore residuo del vapore per uso delle manifatture mosse a vapore. Ciò è falso; gli dà però aspetto di verità il trovarsi il vapore ancora molto caldo all'uscita del cilindro; ma ciò è soltanto dovuto alla imperfezione della attuali macchine a vapore che non utilizzano che 1/10 circa della forza vera del vapore; e quindi gli altri nove decimi, detratte le perdite per le irradiazioni calorifiche, per le comunicazioni ai sostegni, e per la forza che si esige a muovere nei tubi il vapore stesso anche quando solamente riscalda, sono sufficienti a molti usi manifatturieri. Ciò però non vuol dire che lo stesso vapore possa produrre effetti meccanici infiniti, come seguirebbe dalla supposta falsa teoria da' pratici finora ricevuta.

(8) Se bene si considerano tutti i fatti relativi alle azioni chimiche, alla corrente e al calore di stato, si vede che queste azioni non esistono che nella materia ponderabile. La gran questione della propagazione della elettricità nel vuoto non è ancora risolta, ed è impossibile risolverla, perchè noi non potremo mai fare a meno di recipienti limitanti lo spazio, e le parti di questi possono sempre dar passaggio all'elettrico. Si è detto da alcuni che l'elettrico veniva col calore e la luce dagli astri: le prove date però non sono state soddisfacenti; ma è certo che dal sole si propaga pel *vacuo planetario* tal forza che qui da noi può convertirsi in calore ed elettrico. La cosa più mirabile nel circuito voltiano è sapere per qual legge sia obbligata la cagione delle azioni chimiche a far il giro dell'arco conduttore. L'influenza di questo arco è un fenomeno che per la sua ovvia occorrenza non ha molto attratto l'attenzione de'dotti; ma è capitale e fondamentale. Dissi perchè sia obbligata a fare il giro: giacchè è puro fatto che ove colla purezza de' materiali si impediscono le azioni locali, la pila senza circuito chiuso non lavora; e se nel caso pratico, non ostante tali puri materiali si logoran gli acidi e i metalli si combinano, ciò avviene perchè sempre la forza elettrica trova un *circuito* per cui scaricarsi. La ragione di tal legge è un mistero affatto inconcepibile se si pretende che nel filo non vi sia che un

moto vibratorio di molecole ponderabili. L'antica teoria della corrente, che vorrebbe oggi eliminata, rende una spiegazione plausibile di ciò. Dei due metalli immersi uno si combina coll'acido e fa un sale; quindi naturalmente si turba l'equilibrio di composizione molecolare delle sostanze; e ciò include una variazione di quantità del fluido imponderabile misto alle parti ponderabili che le costituisce. Un tale eccesso tende a scaricarsi dal corpo che non si combina a quello che si combina, e quindi si ha la corrente. Ma ecco una difficoltà: donde piglia il corpo che non si combina tutta questa materia da supplire? Si risponde che la piglia dagli elementi chimici che sono restati liberi nell'atto della combinazione che si è formata all'altro capo, e che perciò l'idrogeno p. e. nel caso nostro va al rame per supplire il suo difetto. Volendo che tutto consista in semplice moto oscillatorio di materia ponderabile questi fenomeni sono inconcepibili, perchè allora l'arco non farebbe altro ufficio che di trasmettere il moto dal rame allo zinco; ma anche il liquido può fare altrettanto, almeno secondo la sua debole facoltà conduttrice, e quindi anche nel liquido dovrebbe aversi moto dal rame allo zinco, mentre è notissimo che in seno a questo la direzione del moto è affatto opposta a quella che ha corso nel filo.

(9) Stante la natura ancora dell'agente elettrico vi è tuttavia qualche indeterminazione nei termini, e nel linguaggio dei fisici. I più antichi supponendo l'elettrico un fluido circolante nei fili fecero uso dei termini di *quantità* e *tensione* in un modo alquanto indeterminato. I moderni hanno adottato dietro Ohm i termini di *intensità*, *forza* e *resistenza*, e la *intensità* è uguale alla *forza* divisa per la *resistenza*. La *forza* dipende dalla energia o tensione, con cui una combinazione tende a mettere in moto l'elettrico, ed è diversa secondo le diverse combinazioni de' corpi. La *resistenza* dipende dalla sezione e lunghezza de' conduttori e dalla loro specifica facoltà di trasmettere l'elettrico. Queste denominazioni sono più opportune per spiegare e calcolare vari fenomeni che si mostrano nel filo conduttore: se però l'elettrico è soggetto alle legge de' fluidi, ne segue che la medesima quantità deve circolare in tutte le sezioni del circuito stesso, e quindi ne segue che la velocità di trasporto sarà in ragione inversa delle sezioni. Ora l'esperienza della bussola mostra appunto che in tutti i punti del filo la corrente produce una deviazione eguale dell'ago magnetico; ma se in qualche sito si restringa la velocità per l'angustia del conduttore, ivi cresce il calore per l'aumentata velocità dell'elettrico. Siamo da ciò condotti a una conseguenza rimarchevole: la bussola è un fenomeno per dir così statico, in cui cioè l'ago piglia nuova posizione di equilibrio secondo la nuova distribuzione dell'etere che dal filo si diffonde nello spazio circostante, e quindi è proporzionale alla quantità del fluido speso o aggiunto. Tale effetto statico è conseguenza di ciò che ha già

dimostrata Ampère; che l'azione di due circuiti chiusi, benché ambedue di corrente, si riduce a quella di due forze centrali che devono dare una risultante fissa. Il calore invece è un fenomeno dinamico, è il lavoro della corrente; e quindi se la massa non varia, sarà proporzionale al q. della velocità. Perciò il calore sarà in ragione inversa delle quarte potenze dei raggi dei fili cilindrici. Proposizione enunciata gran tempo fa e trovata vera dall'esperienza indipendentemente da qualunque teoria. Infatti per quella che si dice appresso nel testo

$$\frac{f}{f'} = \frac{v^2}{v'^2}; \text{ ma } \frac{v}{v'} = \frac{s}{s'}$$

duque

$$\frac{f}{f'} = \frac{s'^2}{s^2} = \frac{r'^4}{r^4}$$

(10) Vedi i bei lavori di Favre nei *Comptes Rendus* ed altri giornali (C. R. tom. XLV p. 56). Esso includeva la pila e un delicato apparato motore elettromagnetico in un calorimetro, ed esplorava così il calore svolto nelle due sezioni dell'apparato: la pila e le eliche. Trovava così che se la macchina non lavorava a sollevare il peso, il calore prodotto era quello dovuto alla quantità di zinco combinato; ma che lavorando la macchinetta, si avea una diminuzione di calore nel calorimetro e quindi una partita di calore che convertivasi in lavoro meccanico. In questi apparati vi è sempre gran logoro di forza per le sciuttille, imperfetti contatti ec. Si è provato quindi coi moti rotatori diretti che la corrente può produrre come sono il mulinello di Borlow, la calamita girante nel mercurio galleggiante col contrapeso di platino, i conduttori elettrodinamici. Ma la poca forza e lavoro meccanico esercitato in tali lavori ha assorbito sempre pochissimo calore; tuttavia io stesso ho veduto una piccola diminuzione in un termometro immerso nel mercurio della calamita rotante quando la calamita si metteva in moto.

(11) Sarà sempre memorabile la operazione di questo illustre fisico e matematico, le cui scoperte, come già dicevamo, solo la cedono a quelle di Newton riguardo alle attrazioni. Vedendo esso che i moti rotatorii de' conduttori duravano malgrado gli attriti, ne concluse che mediante la corrente vi era produzione di *forza viva*, e che quindi le forze non erano, come allora pretendevansi da alcuni, effetto di semplice polarità trasversale. Il calcolo gli diede in mano la chiave del fenomeno, e riconobbe non potersi spiegare tali fatti senza ammettere forze di nuovo genere nei conduttori; e come le sole azioni espresse in funzione delle distanze non potevano produrre moti perpetui, perciò i fili erano animati da una forza che non era semplice funzione delle distanze. Il caso de' condut-

tori che producevano forze acceleratrici operanti non solo in funzione delle distanze, ma anche degli angoli, era nuovo ai tempi di Ampère: e fu prova di sublime intelletto non lasciarsi sedurre dalle mentite apparenze della forza e coglierne il vero valore. Ora però ne abbiamo degli esempi manifesti nelle composizioni dei moti rotatorii meccanici, nei quali pure si ha una forza acceleratrice tendente a condurre tutte le rotazioni al parallelismo. Le forze acceleratrici, da cui sono animati i conduttori amperiani, sono precisamente di questo genere, se non che esse come tutte le forze nella natura decrescono inoltre in ragione del q. delle distanze. Ora per comunicarsi a distanza, tale azione suppone che il mezzo in cui sono i conduttori sia modificato ancor esso; e siccome tali azioni succedono nel pieno e nel vuoto, dobbiamo dire che la materia ponderabile è bensì sede di tali moti, ma che da essa si propagano nello spazio circostante pieno dell'imponderabile.

I fisici, che escludono l'imponderabile, convengono che il moto nei fili trovasi *incanalato*; ma incanalare un moto è lo stesso che dire che quella è la linea in cui ha vii moto a preferenza delle altre; or questo moto è di materia ponderabile? Bisogna distinguere due moti, il vibratorio della materia ponderabile e il traslatorio: il primo vi è e costituisce il calore; il secondo non ha luogo che nei salti delle scintille ec. ed è generalmente minimo. Ma un moto traslatorio pare necessario per spiegare l'aumento di forza viva, e la circolazione in senso opposto nel conduttore e nel liquido che già si è accennata di sopra; e pare che i piccoli moti traslatorii della materia pesante siano insufficienti a spiegare tutto. La materia pesante sarebbe adunque qui passiva, e agitata dal flusso che la pervade vibrerebbe e produrrebbe calore. Ecco la maniera più semplice, se non la più vera, da spiegare i fatti.

(12) I canapi elettromagnetici hanno posto fuori di questione il punto fondamentale della pila. Si ricava dalle sperienze di Latimer Clark, che l'ago posto all'estremità di un lungo circuito non si muove finchè tutto il filo non è arrivato alla tensione statica che ha la pila: e siccome i fili coperti di gutta perca e circondati all'esterno da liquidi sono veri coibenti armati come le bottiglie di Leida, così essi impiegano a trasmetter i moti e il dispaccio più tempo che i fili isolati in aria. Ciò ha sorpreso alcuni moderni fisici; ma il fatto in fondo non è nuovo. Volta avea già veduto che una ampia batteria si caricava a debole tenzione colla pila, e si richiedeva pur qualche tempo a ciò. L'induzione laterale esercitata dai conduttori sottomariui entra adunque nella categoria dei fatti ordinari o elettrostatici, e sarà spiegata quando sarà spiegato il fenomeno della stessa induzione. In generale la questione della natura della corrente dipende dalla idea che si forma della azione chimica, e della costituzione molecolare de' corpi. Sarà vano ten-

tare una soluzione de' fenomeni dell'imponderabile senza metterli in corrispondenza coi fenomeni chimici.

In fatti in una azione chimica qualunque noi abbiamo due (o più) corpi che formano un terzo. Ora quale è la modificazione che essi in tale atto subiscono acciò non si possa dire *miscuglio* ma *combinazione*? Qui consiste il nodo fondamentale delle forze di cui parliamo. Il carattere generale de' corpi combinati è nelle loro particolarità calorifiche ed ottiche diverso generalmente parlando dai componenti. La refrazione non si esercita da una massa di polvere, e quindi le comete che non rifrangono non sono perciò probabilmente *gassose*, ma soli miscugli. Si è detto che i gas hanno azione molecolare tra loro, e si è portato a prova di ciò la forma delle vene dei loro getti come nelle fiamme degli ordinarj lumi ecc. Ciò può esser vero: ma quello che è indubitato è il gran fatto che i caratteri ottici e i calori specifici di una combinazione sono generalmente diversi da quelli degli elementi che li compongono. Qual sarà la cagione di ciò? fuori si è detto che le atmosfere delle molecole si confondevano tra di loro e che acquistavano un grado intermedio di densità. Questa teoria suppone che vi siano molecole o atomi ponderabili circondati da tali atmosferette. Ciò può essere: ma non necessariamente è questo l'unico modo di concepire la materia. Potrebbe essere che i così detti atomi ponderabili non fossero che una particolare aggregazione degli atomi imponderabili; insomma fossero i primi gruppi di quelli che il Roscovichiani chiamavano elementi semplici. In tal caso l'ipotesi sarebbe suscettibile di riprova rigorosa sperimentale, perchè sarebbe possibile in qualche modo far passare la materia da uno stato all'altro, cioè dall'imponderabile al ponderabile, e se vi è via da arrivare a ciò è certamente mediante la elettricità!

(13) Il ch. Seguin nell'appendice all'opere di Grove tradotta dal Moigno crede che l'etere debba sbandirsi, e concepirsi tutti i corpi come formati da gruppi di molecole di diverse specie che egli denomina μ e m : le prime per la loro costituzione sono in moto continuo essenzialmente, e le altre per certa aggregazione sono soggette ad esser penetrate dalle prime, sicchè queste per ciò sono soggette a gravità! Questo, se ho ben capito, è il concetto del fisico francese che almeno si dà la pena di cercare come spiegare i fatti fondamentali. Ma chi non vede qui che le molecole μ sono quelle che formano la sostanza da noi per brevità detta etere, e che le m sono la materia ponderabile? Chi invece non si dà la pena di spiegare i fatti tutti, dice che tutto è moto di materia ponderabile, senza poi far capire come possa spiegarsi la luce e tanti altri fenomeni finora inesplicabili colla sola materia ponderabile anche attenuatissima perchè *non spoglia di gravità*. Ad alcuni pare che ripugni l'ammettere materia priva di gravità, quasi per ciò cessasse di esser *materiale* cioè inerte. Ma tale ripugnanza non

pare ragionevole, nè la gravità è una forza così essenziale alla materia che debba perire il suo concetto se se ne spogli. La gravità è certo una forza estriuseca, e molto probabilmente una forza risultante da un altro principio più generale che governa l'universo in genere. A noi è ascosa la natura di tale forza; ma che non sia impossibile produrre delle apparenti attrazioni e repulsioni coi moti rotatorii, lo dimostrano i fatti recentemente trovati in questo ramo di dinamica. Così p. e. se un piccol toro girante si sospenda come un pendolo alla circonferenza di una ruota, in modo che il piano di oscillazione di questo pendolo sia nella direzione del raggio, dando un moto rotatorio alla ruota, il giroscopio sarà respinto dal centro se la sua rotazione è opposta a quella della ruota, e sarà attratto al centro (malgrado la forza centrifuga) se ha rotazione identica. Questo fatto è sì parlante, che se l'avessero saputo gli antichi cartesiani non avrebbero mancato di invocarla a favore de' loro vortici. Noi non pretendiamo risuscitare quella filosofia, ma è certo che il considerare la materia come fornita solo di forze statiche agenti a distanza è affatto antifilosofico, e solo può tollerarsi come modo di parlare convenzionale per intenderci nell'atto di stabilire le formole del calcolo, non per scoprire l'origine delle cose nè il meccanismo dell'universo.

(14) I fenomeni del diamagnetismo e quelli della deviazione del piano di polarizzazione ci dimostrano che tali moti rotatorii possono trovarsi in sostanze diverse dal ferro, sotto l'influenza delle calamite. I cristalli offrono diversa polarità magnetica secondo la direzione de' loro assi, e il girare del piano di polarizzazione nel raggio trasmesso lungo il vetro pesante è al verso che vuole il giro delle correnti amperiane.

(15) Quando Faraday ebbe scoperto la legge dell'induzione elettrodinamica, e visto come alla presenza di una calamita, o anche del solo globo terrestre che è esso stesso una calamita, può costruirsi una macchina elettrica da ogni pezzo di metallo messo in moto, non poté a meno di non restar sorpreso alla immensa potenza che si sviluppava nell'interno de' pezzi metallici di cui sono composti i grandi ordigni meccanici di oggidì, e ne concluse meritamente che se non vi fosse prouta la via all'equilibrio saranno soggetti ad esser fulminati ad ogni pezzo di ferro messo in moto da una macchina qualunque.



*Estratto dal t. IX. della nuova serie
del Giornale arcadico.*
